



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/175724**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 006 862.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/011641**

(86) PCT-Anmeldetag: **15.03.2022**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **21.09.2023**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **09.01.2025**

(51) Int Cl.: **B23K 26/28 (2014.01)**
H02K 15/085 (2006.01)

(71) Anmelder:
KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA, Tokyo, JP;
Toshiba Industrial Products and Systems
Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP;
TOSHIBA INFRASTRUCTURE SYSTEMS &
SOLUTIONS CORPORATION, Kawasaki-shi,
Kanagawa, JP

(74) Vertreter:
Hoffmann Eitle Patent- und Rechtsanwälte
PartmbB, 81925 München, DE

(72) Erfinder:
Kikawada, Masakazu, Tokyo, JP

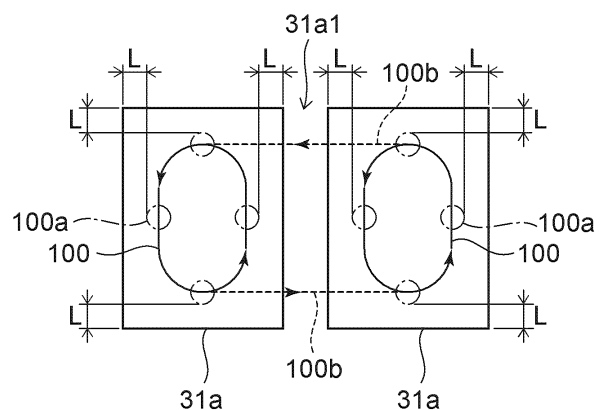
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **LASERSCHWEISSVERFAHREN UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER ROTIERENDEN ELEKTRISCHEN MASCHINE**

(57) Zusammenfassung: Ein Laserschweißverfahren gemäß einer Ausführungsform ist ein Laserschweißverfahren zum Verschweißen eines Endabschnitts eines ersten drahtförmigen Elements und eines Endabschnitts eines zweiten drahtförmigen Elements durch abwechselndes Bestrahlen des Endabschnitts des ersten drahtförmigen Elements und des Endabschnitts des zweiten drahtförmigen Elements mit einem Laserstrahl, wobei das zweite drahtförmige Element an das erste drahtförmige Element angrenzt. Das Laserschweißverfahren beinhaltet einen Prozess des Bestrahls des Laserstrahls entlang einem ersten Bewegungspfad am Endabschnitt des ersten drahtförmigen Elements, wobei der erste Bewegungspfad schleifenförmig ist; einen Prozess des Anhaltens des Bestrahls des Laserstrahls und des Bewegens einer Bestrahlungsposition des Laserstrahls vom Endabschnitt des ersten drahtförmigen Elements zum Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements entlang eines zweiten Bewegungspfades, wobei der zweite Bewegungspfad linear ist; einen Prozess des Bestrahls des Laserstrahls entlang eines dritten Bewegungspfades am Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements, wobei der dritte Bewegungspfad schleifenförmig ist; und einen Prozess des Stoppens des Bestrahls des Laserstrahls und des Bewegens der Bestrahlungsposition des Laserstrahls von dem Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements zu dem Endabschnitt des ersten drahtförmigen Elements entlang eines vierten Bewegungspfades, wobei der vierte Bewegungspfad linear ist. Der zweite Bewegungspfad berührt den ersten und dritten Bewegungspfad; und der

vierte Bewegungspfad berührt den ersten und dritten Bewegungspfad an einer Position, die dem zweiten Bewegungspfad gegenüberliegt.



Beschreibung

[Technisches Gebiet]

[0001] Ausführungsformen der Erfindung beziehen sich auf ein Laserschweißverfahren und ein Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine.

[Stand der Technik]

[0002] So wurde beispielsweise eine Technologie vorgeschlagen, bei der zwei drahtförmige Elemente nahe beieinander angeordnet sind und ein Laserstrahl auf einen Endabschnitt des einen drahtförmigen Elements und einen Endabschnitt des anderen drahtförmigen Elements angrenzend an das eine drahtförmige Element gestrahlt wird, um die Endabschnitte der beiden drahtförmigen Elemente miteinander zu verschweißen. Falls in einem solchen Fall ein Spalt zwischen den Endabschnitten der beiden drahtförmigen Elemente vorhanden ist, besteht die Gefahr, dass der Laserstrahl durch den Spalt zwischen den Endabschnitten ausleckt. Wenn der Laserstrahl durch den Spalt zwischen den Endabschnitten leckt, besteht beispielsweise die Gefahr, dass eine Beschichtung an der Seitenfläche des drahtförmigen Elements beschädigt wird und/oder ein Element, das sich an der den Endabschnitten der zu verschweißenden drahtförmigen Elemente gegenüberliegenden Seite befindet, beschädigt wird.

[0003] Daher wurde eine Technologie vorgeschlagen, bei der eine Vorrichtung verwendet wird, um die Endabschnitte der drahtförmigen Elemente eng aneinander zu kleben. Der Endabschnitt des drahtförmigen Elements unterliegt jedoch Schwankungen bei den Abmessungen, der Form, der Verformung usw., so dass es schwierig ist, das Auftreten eines Spalts zwischen den Endabschnitten der drahtförmigen Elemente zu verhindern.

[0004] Daher wird eine Technologie vorgeschlagen, bei der die Laserstrahlen jeweils einzeln auf die Endabschnitte der beiden drahtförmigen Elemente gestrahlt werden. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass die Laserstrahlen in den Spalt zwischen den Endabschnitten der drahtförmigen Teile eingestrahlt werden. Eine solche Technik erfordert jedoch eine komplexe Konfiguration und/oder ein komplexes Steuerprogramm einer Laserschweißvorrichtung.

[0005] Es wurde auch eine Technologie vorgeschlagen, bei der die Bestrahlung des Laserstrahls gestoppt wird, wenn die Bestrahlungsposition des Laserstrahls vom Endabschnitt des einen drahtförmigen Elements zum Endabschnitt des anderen drahtförmigen Elements bewegt wird. So kann verhindert werden, dass der Laserstrahl in den Spalt zwischen

den Endabschnitten der drahtförmigen Elemente eingestrahlt wird. Der Endabschnitt des drahtförmigen Elements weist jedoch Schwankungen in den Abmessungen, in der Form, in der Verformung usw. auf. Auch die Abmessungen des Spalts schwanken. In einem solchen Fall können die Abmessungen des Spalts im Voraus gemessen werden, und der Zeitpunkt, zu dem die Bestrahlung mit dem Laserstrahl gestoppt wird, und/oder die Stoppzeit können jedes Mal eingestellt werden. Diese Technologie erfordert jedoch ein Verfahren und/oder ein Messgerät, das die Abmessungen des Spalts misst.

[0006] Es ist daher wünschenswert, eine Technologie zu entwickeln, die die Einstrahlung des Laserstrahls in den Spalt zwischen den Endteilen der drahtförmigen Elemente mit einer einfachen Methode unterdrücken kann.

[Dokumente zum Stand der Technik]

[Patentliteratur]

Patentliteratur 1: JP 2018-20340 A (Kokai)

Patentliteratur 2: Internationale Veröffentlichung Nr. WO 2019/159737 A

[Zusammenfassung der Erfindung]

[Problem, das durch die Erfindung gelöst werden soll]

[0007] Ein durch die Erfindung zu lösendes Problem besteht darin, ein Laserschweißverfahren und ein Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine bereitzustellen, das die Einstrahlung eines Laserstrahls in einen Spalt zwischen Endabschnitten von drahtförmigen Elementen mit einer einfachen Methode unterdrücken kann.

[Mittel zur Lösung des Problems]

[0008] Ein Laserschweißverfahren gemäß einer Ausführungsform ist ein Laserschweißverfahren zum Verschweißen eines Endabschnitts eines ersten drahtförmigen Elements und eines Endabschnitts eines zweiten drahtförmigen Elements durch abwechselndes Bestrahlen des Endabschnitts des ersten drahtförmigen Elements und des Endabschnitts des zweiten drahtförmigen Elements mit einem Laserstrahl, wobei das zweite drahtförmige Element an das erste drahtförmige Element angrenzt. Das Laserschweißverfahren enthält einen Prozess des Bestrahls des Laserstrahls entlang eines ersten Bewegungspfad am Endabschnitt des ersten drahtförmigen Elements, wobei der erste Bewegungspfad schleifenförmig ist; einen Prozess des Anhaltens des Bestrahls des Laserstrahls und des Bewegens einer Bestrahlungsposition des Laserstrahls vom Endabschnitt des ersten drahtförmigen

migen Elements zum Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements entlang eines zweiten Bewegungspfad, wobei der zweite Bewegungspfad linear ist; einen Prozess des Bestrahls des Laserstrahls entlang eines dritten Bewegungspfad am Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements, wobei der dritte Bewegungspfad schleifenförmig ist; und einen Vorgang des Stoppens des Bestrahls des Laserstrahls und des Bewegens der Bestrahlungsposition des Laserstrahls von dem Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements zu dem Endabschnitt des ersten drahtförmigen Elements entlang eines vierten Bewegungspfad, wobei der vierte Bewegungspfad linear ist. Der zweite Bewegungspfad berührt den ersten und dritten Bewegungspfad; und der vierte Bewegungspfad berührt den ersten und dritten Bewegungspfad an einer Position, die dem zweiten Bewegungspfad gegenüberliegt.

[Kurze Beschreibung der Zeichnungen]

Fig. 1 ist eine schematische perspektivische Ansicht, die einen Stator illustriert.

Fig. 2 ist eine schematische Ansicht, die ein Segment vor der Montage auf einem Kern illustriert.

Fig. 3 ist eine schematische Ansicht, die die am Kern montierte Spule illustriert.

Fig. 4 ist eine schematische Ansicht, die das Laserschweißen von Leiterteilen gemäß einem Vergleichsbeispiel illustriert.

Fig. 5 ist eine schematische Darstellung, die das Laserschweißen von Leiterteilen gemäß einem anderen Vergleichsbeispiel illustriert.

Fig. 6 ist eine schematische Ansicht, die das Laserschweißen von Leiterteilen gemäß der Ausführungsform illustriert.

Fig. 7A und **7B** sind schematische Ansichten, die die Bewegungspfade der Bestrahlungsposition illustriert.

Fig. 8A und **8B** sind schematische Ansichten, die die Bewegungspfade der Bestrahlungsposition gemäß einer anderen Ausführungsform illustriert.

[Detaillierte Beschreibung]

[0009] Ein Laserschweißverfahren gemäß dieser Ausführungsform kann verwendet werden, wenn Endabschnitte von nahe beieinander angeordneten, drahtförmigen Elementen miteinander verschweißt werden. Eine rotierende elektrische Maschine, wie z.B. ein Motor, ein Generator oder ähnliches, enthält eine auf einen Kern gewickelte Spule. In den letzten Jahren wird eine Spule, die auf einen Kern gewickelt ist, durch Einsetzen mehrerer Segmente in Schlitze

und anschließende Bestrahlung eines Endabschnitts eines Segments und eines Endabschnitts eines an das Segment angrenzenden Segments mit einem Laserstrahl gebildet. Daher wird im Folgenden beispielhaft das erfindungsgemäße Laserschweißverfahren beschrieben, wobei ein Verfahren zur Herstellung eines Stators dargestellt wird. Mit anderen Worten ist die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine anwendbar.

[0010] Auch wenn zur Illustrierung des Verfahrens zur Herstellung des Stators ein drahtförmiges Element mit viereckigem Querschnitt (z.B. ein Leiterteil 31a eines unten beschriebenen Segments 31) illustriert wird, ist die Erfindung auch auf ein drahtförmiges Element anwendbar, das z.B. einen polygonalen Querschnitt hat, usw.

[0011] Auch ist in der Beschreibung der Bewegungspfad der Bestrahlungsposition des Laserstrahls auch der Bewegungspfad, entlang dessen sich das Zentrum des Laserpunkts bewegt, wenn der Laserstrahl bestrahlt wird; und wenn die Bestrahlung des Laserstrahls gestoppt wird, ist der Bewegungspfad der Bestrahlungsposition der Bewegungspfad, entlang dessen sich das Zentrum des Laserpunkts bewegen würde, wenn angenommen wird, dass der Laserpunkt gebildet wird. Der Bewegungspfad der Bestrahlungsposition des Laserstrahls kann beispielsweise entsprechend der Querschnittsform, der Querschnittsabmessung usw. des drahtförmigen Elements (z.B. des Leiterteils 31a des unten beschriebenen Segments 31) vorgegeben werden. Beispielsweise werden die Daten der vorbestimmten Bewegungspfade in einer Steuerung einer Laserschweißvorrichtung usw. gespeichert und bei der Durchführung des unten beschriebenen Laserschweißverfahrens verwendet.

[0012] Die Ausführungsformen werden nun unter Bezugnahme auf die Zeichnungen illustriert. Ähnliche Bauteile sind in den Zeichnungen mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet; eine detaillierte Beschreibung wird gegebenenfalls weggelassen.

[0013] Zunächst wird ein Stator 1 dargestellt.

[0014] **Fig. 1** ist eine schematische perspektivische Ansicht des Stators 1.

[0015] Wie in **Fig. 1** dargestellt, umfasst der Stator 1 einen Kern 2 und eine Spule 3.

[0016] Im Kern 2 können mehrere ringförmige Magnetelemente in der axialen Richtung des Stators 1 (in **Fig. 1** in Z-Richtung) gestapelt werden. Das magnetische Element kann z.B. aus einem Elektrostahlblech (einem Siliziumstahlblech) gebildet werden. Der Kern 2 besteht aus einem Joch 21 und mehreren

Zähnen 22. Das Joch 21 ist rohrförmig und befindet sich an der äußeren Umfangsseite des Kerns 2. Die mehreren Zähne 22 sind an der inneren Umfangsfläche des Jochs 21 in gleichmäßigem Abstand angeordnet. Jeder der vielen Zähne 22 hat eine Konfiguration, die von der inneren Umfangsfläche des Jochs 21 in Richtung der Mitte des Kerns 2 vorsteht und sich in axialer Richtung des Stators 1 erstreckt. Außerdem wird eine Nut, die zwischen dem Zahn 22 und dem Zahn 22 lokalisiert ist, als ein Schlitz 23 verwendet. Die Formen, Anzahl und Größen der Zähne 22 sind nicht auf die dargestellten beschränkt und können je nach Anwendung, Größe, Spezifikationen usw. der rotierenden elektrischen Maschine, in der der Stator 1 vorgesehen ist, entsprechend geändert werden.

[0017] Die Spule 3 enthält mehrere Segmente 31.

[0018] Fig. 2 ist eine schematische Ansicht, die das Segment 31 vor der Montage am Kern 2 zeigt.

[0019] Wie in Fig. 2 gezeigt, enthält das Segment 31 den Leiterteil 31a und eine Isolierfolie 31b. Die äußere Form des Leiterteils 31a vor der Montage am Kern 2 kann im Wesentlichen U-förmig sein. Der Leiterteil 31a wird aus einem Material mit hoher Leitfähigkeit gebildet. Beispielsweise wird der Leiterteil 31a aus sogenanntem reinem Kupfer oder einem Material mit Kupfer als Hauptbestandteil gebildet. Der Leiterteil 31a kann auch aus einem rechteckigen Draht gebildet werden. Der rechteckige Draht ist ein drahtförmiges Element mit einem viereckigen Querschnitt. Die Querschnittsabmessungen des rechteckigen Drahtes können z.B. etwa 1 mm bis 4 mm betragen.

[0020] Die Isolierfolie 31b bedeckt die Außenfläche des Leiterteils 31a. In der Nähe der beiden Endabschnitte des Leiterteils 31a ist die Isolierfolie 31b jedoch nicht vorhanden, und der Leiterteil 31a liegt frei. Die Isolierfolie 31b besteht beispielsweise aus Emaille usw.

[0021] Fig. 3 ist eine schematische Darstellung der am Kern 2 montierten Spule 3.

[0022] Wie in Fig. 3 dargestellt, befindet sich das Segment 31 im Inneren des Schlitzes 23. Die beiden Enden des Segments 31 ragen aus einem Endabschnitt des Kerns 2 heraus. Der Teil des Segments 31, der aus dem einen Endabschnitt des Kerns 2 herausragt, erstreckt sich in Richtung des benachbarten Segments 31.

[0023] Außerdem erstreckt sich die Umgebung des Abschnitts des Leiterteils 31a, der unter der Isolierschicht 31b freiliegt, in der axialen Richtung des Kerns 2 (in Fig. 3 die Z-Richtung). Der unter der Isolierschicht 31b freiliegende Abschnitt des Leiterteils

31a überlappt den unter der Isolierschicht 31b freiliegenden Abschnitt der benachbarten Leiterteile 31a in Umfangsrichtung des Kerns 2 (eine Richtung um die Mittelachse des Kerns 2).

[0024] Die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a sind aneinander lasergeschweißt. Eine Spule 3 wird aus mehreren Segmenten 31 gebildet, die über einen Schweißabschnitt 31c verbunden sind.

[0025] In einem solchen Fall können die mehreren Spulen 3 in radialer Richtung des Kerns 2 angeordnet werden (eine Richtung, die durch die Mittelachse des Kerns 2 orthogonal zur Z-Richtung verläuft). Wie in Fig. 1 dargestellt, können zum Beispiel die drei Spulen 3 einer U-Phase, einer V-Phase und einer W-Phase enthalten sein. Die äußeren Formen, die Anzahl, die Größe usw. der Spulen 3 und der Segmente 31 sind nicht auf die dargestellten beschränkt und können je nach Anwendung, Größe, Spezifikationen usw. der elektrischen Rotationsmaschine, in der der Stator 1 vorgesehen ist, geändert werden. So können beispielsweise vier Spulen 3 in radialer Richtung des Kerns 2 angeordnet sein.

[0026] Im Folgenden wird ein Verfahren zur Herstellung des Stators 1 illustriert.

[0027] Zunächst wird der Kern 2 geformt. Zum Beispiel werden mehrere plattenförmige magnetische Elemente geformt, die Teile enthalten, die zur Bildung des Jochs 21 und der mehreren Zähne 22 verwendet werden. Das magnetische Element wird zum Beispiel durch Stanzen eines Elektrostahlblechs mit einer Dicke von etwa 0,05 mm bis 1,0 mm geformt. Dann werden die mehreren magnetischen Elemente gestapelt, und der Kern 2 wird z.B. durch Schweißen und/oder Verstemmen der mehreren magnetischen Elemente gebildet. Der Kern 2 kann auch durch Pressformen eines magnetischen Materialpulvers und eines Harzbindemittels gebildet werden.

[0028] Dann werden die mehreren Segmente 31, die als Bestandteile der Spule 3 verwendet werden, geformt.

[0029] Zunächst wird der Isolierfilm 31b durch Aufbringen einer Beschichtung, die Lack usw. enthält, auf die Außenfläche eines rechteckigen Drahtes mit einer vorgeschriebenen Länge gebildet. Eine Beschichtung, die Lack usw. enthält, kann auf die Oberfläche eines rechteckigen Drahtes aufgetragen werden; und der rechteckige Draht kann auf eine vorgeschriebene Länge geschnitten werden. Außerdem kann ein rechteckiger Draht mit einer Emaille-Beschichtung usw. beschafft werden, und der rechteckige Draht kann auf eine vorgeschriebene Länge geschnitten werden.

[0030] Dann wird, wie in **Fig. 2** gezeigt, die Isolierfolie 31b in der Nähe der beiden Endabschnitte des Leiterteils 31a entfernt, um den Leiterteil 31a freizulegen.

[0031] Anschließend wird der Leiterteil 31a durch Biegen des Leiterteils 31a in eine im Wesentlichen U-förmige Form gebracht.

[0032] So können mehrere Segmente 31 gebildet werden.

[0033] Dann wird, wie in **Fig. 3** gezeigt, jedes der mehreren Segmente 31 in vorgegebenen Schlitzen 23 des Kerns 2 montiert. Zum Beispiel wird jedes der mehreren Segmente 31 in die vorgegebenen Schlitze 23 aus der axialen Richtung des Kerns 2 (in **Fig. 1** die Z-Richtung) eingesetzt. In einem solchen Fall wird ein Segment 31 so eingesetzt, dass es mehrere Schlitze 23 überspannt. Die Spule 3 gemäß dieser Ausführungsform kann eine Spule sein, die eine sogenannte verteilte Wicklung aufweist. Auch kann die Spule 3 gemäß der Ausführungsform eine Spule mit einer sogenannten Wellenwicklung sein.

[0034] Wie in **Fig. 3** fortgesetzt gezeigt, wird der aus dem Kern 2 herausragende Teil des Segments 31 in Richtung des benachbarten Segments 31 gebogen. Dann wird außerdem die Umgebung des Abschnitts des Leiterteils 31a, der unter der Isolierfolie 31b freiliegt, in der axialen Richtung des Kerns 2 (in **Fig. 3** die Z-Richtung) gebogen. Der unter der Isolierschicht 31b freiliegende Abschnitt des Leiterteils 31a überlappt den unter der Isolierschicht 31b freiliegenden Abschnitt des benachbarten Leiterteils 31a in Umfangsrichtung des Kerns 2.

[0035] Dann werden durch wiederholte Durchführung der oben beschriebenen Prozedur mehrere Sätze von mehreren Segmenten 31, die in Umfangsrichtung des Kerns 2 angeordnet sind, in radialer Richtung des Kerns 2 angeordnet.

[0036] Obwohl ein Fall illustriert ist, in dem die Biegung nach der Montage der Mehrfachsegmente 31 in den Schlitzen 23 durchgeführt wird, ist die Biegung nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann das Biegen der mehreren Segmente 31 durchgeführt werden, und jedes der mehreren Segmente 31, an denen das Biegen durchgeführt wird, kann in den vorgeschriebenen Schlitzen 23 montiert werden. In einem solchen Fall kann das Segment 31, an dem die Biegung durchgeführt wird, von der Innenseite des Kerns 2 nach außen montiert werden.

[0037] Auch können die Öffnungen der Schlitze 23 durch eine röhrenförmige Isolierabdeckung an der Innenseite des Kerns 2, in dem die mehreren Segmente 31 montiert sind, abgedeckt werden.

[0038] Dann werden die mehreren Spulen 3, die in den Schlitzen 23 montiert sind, durch Verschweißen der Endabschnitte der benachbarten Segmente 31 (Leiterteile 31a) miteinander gebildet.

[0039] Beim Schweißen kann eine Spannvorrichtung verwendet werden, um die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a einander anzunähern. Zum Beispiel kann eine Vorrichtung verwendet werden, die ein ringförmiges Element an der Innenseite der mehreren Segmente 31, die in Umfangsrichtung des Kerns 2 angeordnet sind, und ein ringförmiges Element an der Außenseite der mehreren Segmente 31 umfasst. Wenn das ringförmige Element, das sich an der Innenseite der Mehrfachsegmente 31 befindet, montiert ist, wird ein Endabschnitt jedes der Mehrfachleiterteile 31a in Richtung der Außenseite des Kerns 2 gedrückt. Wenn das ringförmige Element an der Außenseite der Mehrfachsegmente 31 montiert ist, wird der andere Endabschnitt jedes der Mehrfachleiterteile 31a in Richtung der Innenseite des Kerns 2 gedrückt. Daher bewegt die Spannvorrichtung die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a in Richtung zueinander. Außerdem werden die mehreren Leiterteile 31a von der Spannvorrichtung gehalten.

[0040] Die Konfiguration der Spannvorrichtung ist nicht auf die des Beispiels beschränkt. Es reicht aus, wenn die Spannvorrichtung bewirkt, dass sich die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a einander annähern. Das Schweißen kann auch ohne die Verwendung einer Spannvorrichtung durchgeführt werden. Durch die Verwendung einer Spannvorrichtung kann jedoch die Qualität des Schweißabschnitts 31c verbessert werden und/oder die Arbeitseffizienz des Schweißvorgangs kann verbessert werden.

[0041] Das Verschweißen der Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a miteinander kann durch Einstrahlen eines Laserstrahls auf die Endabschnitte der Leiterteile 31a erfolgen. Mit anderen Worten können die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a per Laser miteinander verschweißt werden.

[0042] Beim Laserschweißen kann ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge im Infrarotbereich verwendet werden. Durch die Verwendung eines Laserstrahls mit einer Wellenlänge im Infrarotbereich ist es einfach, einen Laserstrahl mit einer relativ hohen Leistung zu bestrahlen. Die Leistung des Laserstrahls kann zum Beispiel etwa 4 kW betragen.

[0043] Die Laserschweißvorrichtung, die zum Schweißen der Endabschnitte der Leiterteile 31a verwendet wird, kann beispielsweise eine Faserlaser- (Faserlaser), eine Scheibenlaser- (Scheibenlaser) -Schweißvorrichtung usw. sein. Es ist vorteilhaft,

wenn die Laserschweißvorrichtung eine CW-Laser (Continuous Wave Laser) -Schweißvorrichtung ist, die kontinuierlich einen Laserstrahl aussenden kann. Außerdem ist die Bestrahlungsposition des Laserstrahls in der Laserschweißvorrichtung beweglich. Die Laserschweißvorrichtung kann zum Beispiel einen Galvano-Spiegel usw. enthalten.

[0044] Wenn hierbei das Laserschweißen der Endabschnitte der Leiterteile 31a in Umgebungsluft durchgeführt wird, besteht die Gefahr, dass der Schweißabschnitt 31c oxidiert und/oder die Qualität des Schweißabschnitts 31c durch das Auftreten von Lunkern usw. verringert wird. Daher ist es beispielsweise vorteilhaft, das Laserschweißen der Endabschnitte der Leiterteile 31a in einer Atmosphäre mit einem Inertgas wie Stickstoff, Argon usw. durchzuführen oder ein Inertgas in die Nähe der Endabschnitte der Leiterteile 31a, an denen das Laserschweißen durchgeführt wird, zuzuführen. Auf diese Weise kann die Qualität der Schweißnaht 31c verbessert werden.

[0045] Der in Fig. 1 und 3 dargestellte Schweißabschnitt 31c wird durch Verschweißen der Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a miteinander gebildet. Außerdem wird eine Spule 3 gebildet, indem die mehreren Segmente 31 (die Leiterteile 31a) in Reihe geschaltet werden. Es werden auch mehrere Spulen 3 gebildet, die in radialer Richtung des Kerns 2 angeordnet sind. Zum Beispiel können die drei Spulen 3 der U-Phase, der V-Phase und der W-Phase durch Verschieben jeweils eines Schlitzes 23 gebildet werden.

[0046] Einzelheiten zum Schweißen der Endabschnitte der Segmente 31 (der Leiterteile 31a) werden im Folgenden beschrieben.

[0047] Dann werden die freiliegenden Abschnitte der Leiterteile 31a der Spule 3 durch Beschichtung mit einem Harz usw. isoliert.

[0048] Dann werden die mehreren Spulen 3 auf dem Kern 2 befestigt. Zum Beispiel wird Lack in die Lücken zwischen der Spule 3 und den Schlitzes 23 getropft und die Spule 3 wird durch Aushärten des Lacks am Kern 2 befestigt.

[0049] So kann der Stator 1 hergestellt werden.

[0050] Die Schweißungen der Endabschnitte der Segmente 31 (die Leiterteile 31a) werden nun näher beschrieben. Wie oben beschrieben, werden die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a miteinander verschweißt, indem ein Laserstrahl auf die Endabschnitte der Leiterteile 31a gestrahlt wird. Wenn in einem solchen Fall ein Spalt zwischen den Endabschnitten der benachbarten Leiterteile 31a vorhanden ist, kann der Laserstrahl über den Spalt

auf das Segment 31 auf der den zu verschweißenden Endabschnitten gegenüberliegenden Seite gestrahlt werden. Wie in Fig. 2 und 3 gezeigt, befindet sich die Isolierfolie 31b an der Außenfläche des Leiterteils 31a. Daher, wenn der Laserstrahl durch den Spalt auf das Segment 31 auf der den zu verschweißenden Endabschnitten gegenüberliegenden Seite gestrahlt wird, kann es daher vorkommen, dass die Isolierfolie 31b durch den Laserstrahl beschädigt wird. Außerdem gibt es z.B. Fälle, bei denen Bauteile und dergleichen, die sich auf dem Segment 31 auf der den zu verschweißenden Endabschnitten gegenüberliegenden Seite befinden, durch den Laserstrahl beschädigt werden.

[0051] In einem solchen Fall kann der Abstand zwischen den Endabschnitten der benachbarten Leiterteile 31a durch die Verwendung der oben beschriebenen Vorrichtung verringert werden. Der Endabschnitt des Leiterteils 31a unterliegt jedoch Schwankungen in den Abmessungen, Formschwankungen, Verformungen usw. Daher ist es selbst bei Verwendung der Spannvorrichtung schwierig, den Spalt zwischen den Endabschnitten der benachbarten Leiterteile 31a zu beseitigen.

[0052] Fig. 4 ist eine schematische Darstellung des Laserschweißens der Leiterteile 31a gemäß einem Vergleichsbeispiel.

[0053] Fig. 4 zeigt, wenn Laserstrahlen einzeln auf die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a gestrahlt werden. Beispielsweise wird, wie in Fig. 4 gezeigt, der Laserstrahl auf den Endabschnitt eines Leiterteils 31a gestrahlt; und ein anderer Laserstrahl wird auf den Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a gestrahlt. Die Laserstrahlen werden gleichzeitig eingestrahlt.

[0054] Ein Bewegungspfad 101 der Bestrahlungsposition des Laserstrahls am Endabschnitt des einen Leiterteils 31a ist schleifenförmig. Die Bestrahlung mit dem schleifenförmigen Laserstrahl wird kontinuierlich mehrfach durchgeführt. Außerdem wird der Bewegungspfad 101 der Bestrahlungsposition des Laserstrahls allmählich vergrößert. Durch die Bestrahlung mit dem Laserstrahl wird der Endabschnitt des einen Leiterteils 31a erhitzt, um ein Schweißbad zu bilden.

[0055] Ein Bewegungspfad 102 der Bestrahlungsposition des Laserstrahls am Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a ist schleifenförmig. Die Bestrahlung mit dem schleifenförmigen Laserstrahl wird kontinuierlich mehrfach durchgeführt. Außerdem wird der Bewegungspfad 102 der Bestrahlungsposition des Laserstrahls allmählich vergrößert. Durch die Bestrahlung mit dem Laserstrahl wird der Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a erhitzt, um das Schweißbad zu bilden.

[0056] Durch schrittweises Erhöhen der schleifenförmigen Bewegungspfade 101 und 102 der Bestrahlungspositionen der Laserstrahlen verschmelzen die gebildeten Schweißbäder zwischen den Endabschnitten der Leiterteile 31a miteinander. Daher sind der Endabschnitt des einen Leiterteils 31a und der Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a über den Schweißabschnitt verbunden.

[0057] Durch die individuelle Bestrahlung der Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a mit Laserstrahlen werden die Laserstrahlen nicht in einen Spalt 31a1 zwischen den Endabschnitten der Leiterteile 31a gestrahlt. Daher kann verhindert werden, dass die Isolierschicht 31b des Segments 31 usw. durch die Laserstrahlen beschädigt wird.

[0058] Bei einer solchen Technik sind jedoch zwei Laserschweißgeräte erforderlich, zwei optische Systeme zur Bestrahlung der Laserstrahlen und/oder die Steuerprogramme der Laserschweißgeräte sind komplex.

[0059] Fig. 5 ist eine schematische Ansicht, die das Laserschweißen der Leiterteile 31a gemäß einem anderen Vergleichsbeispiel illustriert.

[0060] Wie in Fig. 5 gezeigt, ist ein Bewegungspfad 103 der Bestrahlungsposition des Laserstrahls für die beiden Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a schleifenförmig. In einem solchen Fall wird die Bestrahlung des Laserstrahls gestoppt, wenn sich die Bestrahlungsposition des Laserstrahls von der Außenkante des Endabschnitts des einen Leiterteils 31a zur Außenkante des Endabschnitts des anderen Leiterteils 31a bewegt. Außerdem wird die Bestrahlung des Laserstrahls wieder aufgenommen, wenn sich die Bestrahlungsposition des Laserstrahls zur Außenkante des Endabschnitts des anderen Leiterteils 31a bewegt hat. Der schleifenförmige Bewegungspfad 103 der Bestrahlungsposition des Laserstrahls, die für die Endabschnitte der beiden Leiterteile 31a festgelegt wurde, wird schrittweise verkleinert. Durch die Bestrahlung mit dem Laserstrahl verschmelzen die jeweils an den Endabschnitten der benachbarten Leiterteile 31a gebildeten Schweißbäder zwischen den Endabschnitten der Leiterteile 31a. Daher sind der Endabschnitt des einen Leiterteils 31a und der Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a über den Schweißabschnitt verbunden.

[0061] Indem die Bestrahlung des Laserstrahls unterbrochen wird, wenn sich die Bestrahlungsposition des Laserstrahls von der Außenkante des Endabschnitts des einen Leiterteils 31a zur Außenkante des Endabschnitts des anderen Leiterteils 31a bewegt, wird der Laserstrahl nicht in den Spalt 31a1 zwischen den Endabschnitten der Leiterteile 31a eingestrahlt. Daher kann verhindert werden, dass die

Isolierschicht 31b des Segments 31 usw. durch den Laserstrahl beschädigt wird.

[0062] Der Endabschnitt des Leiterteils 31a weist jedoch Schwankungen in den Abmessungen, Formschwankungen, Verformungen usw. auf. Auch die Abmessungen des Spalts 31a1 schwanken. Daher besteht die Gefahr, dass der Laserstrahl in den Spalt 31a1 eingestrahlt wird, falls die Bestrahlung des Laserstrahls zu einem vorbestimmten Zeitpunkt unterbrochen und wieder aufgenommen wird, wenn der Laserstrahl eingestrahlt wird und die Bestrahlung an den Außenkanten der Endabschnitte der Leiterteile 31a unterbrochen wird. In einem solchen Fall kann verhindert werden, dass der Laserstrahl in den Spalt 31a1 eingestrahlt wird, indem die Zeit verlängert wird, in der die Bestrahlung des Laserstrahls unterbrochen wird. Bei einer solchen Technik ist es jedoch schwierig, die Endabschnitte der Leiterteile 31a zu erwärmen, da die Bestrahlungszeit des Laserstrahls verkürzt wird. Außerdem können die Abmessungen des Spalts 31a1 im Voraus gemessen werden, und der Zeitpunkt des Anhaltens der Bestrahlung mit dem Laserstrahl und/oder die Anhaltezeit (der Zeitpunkt des Wiederaufnehmens der Bestrahlung mit dem Laserstrahl) können jedes Mal festgelegt werden. Bei einer solchen Technik sind jedoch ein Verfahren zur Messung der Abmessungen des Spalts 31a1 und ein Messgerät erforderlich.

[0063] Fig. 6 ist eine schematische Ansicht, die das Laserschweißen der Leiterteile 31a gemäß der Ausführungsform illustriert.

[0064] Beim Laserschweißen der Leiterteile 31a gemäß der Ausführungsform wird ein Laserstrahl abwechselnd auf den Endabschnitt eines Leiterteils 31a (entsprechend einem Beispiel für ein erstes drahtförmiges Element) und den Endabschnitt eines anderen Leiterteils 31a (entsprechend einem Beispiel für ein zweites drahtförmiges Element) neben dem einen Leiterteil 31a gestrahlt, um die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a miteinander zu verschweißen.

[0065] Wie in Fig. 6 gezeigt, wird der Laserstrahl beispielsweise entlang eines schleifenförmigen Bewegungspfads 100 (der einem Beispiel für einen ersten Bewegungspfad entspricht) der Bestrahlungsposition des Laserstrahls am Endabschnitt des einen Leiterteils 31a abgestrahlt.

[0066] Dann wird die Bestrahlung des Laserstrahls gestoppt, und die Bestrahlungsposition des Laserstrahls wird von dem Endabschnitt des einen Leiterteils 31a zu dem Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a entlang eines linearen Bewegungspfads 100b (der einem Beispiel für einen zweiten Bewegungspfad entspricht) der Bestrahlungsposition des Laserstrahls bewegt.

[0067] Dann wird am Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a die Bestrahlung des Laserstrahls wieder aufgenommen, und der Laserstrahl wird entlang des schleifenförmigen Bewegungspfad 100 (der einem Beispiel für einen dritten Bewegungspfad entspricht) der Bestrahlungsposition des Laserstrahls bestrahlt.

[0068] Dann wird die Bestrahlung des Laserstrahls gestoppt, und die Bestrahlungsposition des Laserstrahls wird von dem Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a zu dem Endabschnitt des einen Leiterteils 31a entlang dem linearen Bewegungspfad 100b (der einem Beispiel für einen vierten Bewegungspfad entspricht) der Bestrahlungsposition des Laserstrahls bewegt.

[0069] Danach werden durch mehrfache Wiederholung des oben beschriebenen Verfahrens Schweißbäder gebildet, indem der Laserstrahl abwechselnd auf die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a gestrahlt wird.

[0070] In einem solchen Fall kann beispielsweise der schleifenförmige Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition für jeden der Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a die gleiche Form und die gleiche Größe haben.

[0071] Obwohl der schleifenförmige Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition die gleiche Form und Größe hat, weil die Querschnittsformen und Querschnittsabmessungen der benachbarten drahtförmigen Elemente (Leiterteile 31a) gleich sind, kann die Form oder/und die Größe des schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition unterschiedlich sein, wenn z.B. die Querschnittsform oder/und die Querschnittsabmessung der benachbarten drahtförmigen Elemente unterschiedlich ist.

[0072] Nachfolgend wird ein Fall beschrieben, in dem der schleifenförmige Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition für jeden der Endabschnitte der benachbarten drahtförmigen Elemente (Leiterteile 31a) die gleiche Form und die gleiche Größe hat.

[0073] Die Form des schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition ist nicht besonders begrenzt. Es ist jedoch vorteilhaft, wenn die Form des schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition eine Form ist, die Kurven wie einen Kreis, eine Ellipse oder ähnliches enthält, oder eine Form, die Kurven und gerade Linien enthält, wie die in **Fig. 6** illustrierten. Durch Einstellen der Form des schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition auf eine solche Form erfolgt der Betrieb des Galvano-Spiegels oder dergleichen reibungslos.

[0074] Auch die Größe des schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition ist nicht besonders begrenzt. Wie in **Fig. 6** dargestellt, ist es jedoch günstig, dass am Endabschnitt des einen Leiterteils 31a der kürzeste Abstand L zwischen der Außenkante eines Laserpunkts 100a und der Außenkante des Endabschnitts des einen Leiterteils 31a konstant ist. Auch am Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a ist es vorteilhaft, dass der kürzeste Abstand L zwischen der Außenkante des Laserpunkts 100a und der Außenkante des Endabschnitts des anderen Leiterteils 31a konstant ist.

[0075] In dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition wird der Laserstrahl eingestrahlt, und die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a werden jeweils erwärmt. Die Schweißbäder, die sich jeweils an den Endabschnitten der benachbarten Leiterteile 31a bilden, verschmelzen zwischen den Endabschnitten der Leiterteile 31a. Daher sind der Endabschnitt des einen Leiterteils 31a und der Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a über den Schweißabschnitt 31c miteinander verbunden.

[0076] Auch wird die Bestrahlung des Laserstrahls gestoppt, wenn er sich von dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition am Endabschnitt des einen Leiterteils 31a zum schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition am Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a bewegt. Wie in **Fig. 6** gezeigt, kann beispielsweise ein Paar linearer Bewegungspfade 100b der Bestrahlungsposition vorgesehen werden, die den schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition am Endabschnitt des einen Leiterteils 31a und des schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition am Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a in der Richtung verbinden, in der die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a angeordnet sind. Der Bewegungspfad 100b kann eine Gerade (eine gemeinsame Außentangente) sein, die die beiden schleifenförmigen Bewegungspfade 100 berührt. Die Bestrahlung des Laserstrahls wird in dem Bewegungspfad 100b der Bestrahlungsposition gestoppt.

[0077] Somit wird der Laserstrahl nicht zwischen dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition am Endabschnitt des einen Leiterteils 31a und dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition am Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a eingestrahlt. Mit anderen Worten wird der Laserstrahl nicht in den Spalt 31a1 zwischen den Endabschnitten der Leiterteile 31a eingestrahlt. Daher kann verhindert werden, dass die Isolierschicht 31b des Segments 31 usw. durch den Laserstrahl beschädigt wird.

[0078] Auch die Erwärmung der Endabschnitte der Leiterteile 31a wird in den Bewegungspfaden 100 durchgeführt. Daher wird die Erwärmung der Endabschnitte der Leiterteile 31a nicht unterdrückt, selbst wenn die Bestrahlung des Laserstrahls an Positionen gestoppt und wieder aufgenommen wird, die in der Richtung, in der die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a angeordnet sind, von den äußeren Kanten der Endabschnitte der Leiterteile 31a getrennt sind. Zum Beispiel kann in der Richtung, in der die Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a angeordnet sind, die Position, an der die Bestrahlung des Laserstrahls gestoppt wird, so eingestellt werden, dass sie im Wesentlichen in der Mitte des Endabschnitts des einen Leiterteils 31a liegt; und die Position, an der die Bestrahlung des Laserstrahls wieder gestartet wird, kann so eingestellt werden, dass sie im Wesentlichen in der Mitte des Endabschnitts des anderen Leiterteils 31a liegt. Daher kann die Einstrahlung des Laserstrahls in den Spalt 31a1 wirksam unterdrückt werden, selbst wenn der Endabschnitt des Leiterteils 31a eine Schwankung der Abmessungen, eine Schwankung der Form, eine Verformung usw. aufweist und die Abmessungen des Spalts 31a1 schwanken.

[0079] Auch kann, wie in **Fig. 6** gezeigt, die Einstrahlung des Laserstrahls in den Spalt 31a1 wirksamer unterdrückt werden, indem der kürzeste Abstand L zwischen der Außenkante des Laserspots 100a und der Außenkante des Endabschnitts des Leiterteils 31a konstant gehalten wird.

[0080] Wenn der schleifenförmige Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition für jeden der Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a die gleiche Form und die gleiche Größe hat, kann das Steuerprogramm für die Bestrahlung des Laserstrahls vereinfacht werden.

[0081] Auch, falls der Bewegungspfad 100b der Bestrahlungsposition eine gerade Linie (eine externe gemeinsame Tangente) ist, die die beiden schleifenförmigen Bewegungspfade 100 der Bestrahlungsposition berührt, ist eine lineare Bewegung von einem Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition zum anderen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition möglich. Daher kann die Bewegungszeit von dem einen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition zum anderen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition verkürzt und sogar die Taktzeit reduziert werden.

[0082] Der Bewegungspfade 100 und 100b der Bestrahlungsposition gemäß der Ausführungsform werden nun näher beschrieben.

[0083] **Fig. 7A** und **7B** sind schematische Ansichten, die die Bewegungspfade 100 und 100b der Bestrahlungsposition zeigen.

[0084] Der Laserstrahl wird auf den Endabschnitt eines Leiterteils 31a gerichtet, und die Mitte des Laserpunkts 100a wird entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition bewegt.

[0085] Wie in **Fig. 7A** gezeigt, wird, wenn die Bestrahlungsposition des Laserstrahls (das Zentrum des Laserflecks 100a) in einer Richtung von einer Bestrahlungsstartposition 200a des Laserstrahls am Endabschnitt des einen Leiterteils 31a in Richtung des Endabschnitts des anderen Leiterteils 31a bewegt wird (in der Illustration von **Fig. 7A**, wenn die Mitte des Laserpunkts 100a gegen den Uhrzeigersinn bewegt wird), wenn der Laserstrahl anfänglich bestrahlt wird, wird das Zentrum des Laserpunkts 100a um eine Umdrehung von der Bestrahlungsstartposition 200a des Laserstrahls entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition bewegt. Mit anderen Worten wird die Bestrahlungsposition des Laserstrahls um 1 Umdrehung von der Bestrahlungsstartposition 200a des Laserstrahls entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition verschoben. Auf diese Weise kann die Bewegung der Mitte des Laserspots 100a entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition fließend in die Bewegung entlang dem linearen Bewegungspfad 100b der Bestrahlungsposition übergehen.

[0086] Anschließend wird die Bestrahlung des Laserstrahls gestoppt, und das Zentrum des Laserpunkts 100a wird, falls der Laserpunkt 100a als gebildet angenommen wird, entlang dem linearen Bewegungspfad 100b der Bestrahlungsposition zu einer Bestrahlungsstartposition 201a des Laserstrahls am Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a bewegt.

[0087] Dann, wie in **Fig. 7B** gezeigt, wenn die Bestrahlungsposition des Laserstrahls die Bestrahlungsstartposition 201a des Laserstrahls erreicht, wird die Bestrahlung des Laserstrahls erneut gestartet, und der Mittelpunkt des Laserpunkts 100a wird von der Bestrahlungsstartposition 201a des Laserstrahls in eine Richtung weg von dem einen Leiterteil 31a bewegt. In der Darstellung von **Fig. 7B** wird das Zentrum des Laserpunkts 100a gegen den Uhrzeigersinn bewegt. Mit anderen Worten, die Bewegungsrichtung des Laserpunkts 100a ist in jedem der Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a gleich. Somit ist die Bewegung des Zentrum des Laserpunkts 100a gleichmäßig.

[0088] Außerdem wird das Zentrum des Laserpunkts 100a um 1,5 Umdrehungen von der Bestrahlungsstartposition 201a des Laserstrahls entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition bewegt. Mit anderen Worten wird am Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a

die Bestrahlungsposition des Laserstrahls um 1,5 Umdrehungen entlang dem Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition in der gleichen Richtung wie die Bewegungsrichtung der Bestrahlungsposition am Endabschnitt des einen Leiterteils 31a bewegt. So kann die Bewegung des Zentrums des Laserpunkts 100a entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition nahtlos in die Bewegung entlang dem linearen Bewegungspfad 100b der Bestrahlungsposition übergehen.

[0089] Anschließend wird die Bestrahlung des Laserstrahls gestoppt, und das Zentrum des Laserpunkts 100a wird, wenn der Laserpunkt 100a als gebildet angenommen wird, entlang dem linearen Bewegungspfad 100b der Bestrahlungsposition zu einer Bestrahlungsstartposition 200b des Laserstrahls am Endabschnitt des einen Leiterteils 31a bewegt.

[0090] Anschließend wird die Bestrahlung des Laserstrahls an der Bestrahlungsstartposition 200b des Laserstrahls wieder aufgenommen, und das Zentrum des Laserpunkts 100a wird von der Bestrahlungsstartposition 200b des Laserstrahls in eine Richtung weg von dem anderen Leiterteil 31a bewegt. Die Bewegung des Mittelpunkts des Laserpunkts 100a ist somit gleichmäßig.

[0091] Außerdem wird das Zentrum des Laserpunkts 100a um 1,5 Umdrehungen von der Startposition 200b des Laserstrahls entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition bewegt. So kann die Bewegung des Zentrums des Laserpunkts 100a entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition fließend in die Bewegung entlang dem linearen Bewegungspfad 100b der Bestrahlungsposition übergehen.

[0092] Danach wird das Zentrum des Laserpunkts 100a durch ein ähnliches Verfahren um 1,5 Umdrehungen entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition an jedem der Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a bewegt.

[0093] Fig. 8A und 8B sind schematische Ansichten, die der Bewegungspfade 100 und 100b der Bestrahlungsposition gemäß einer anderen Ausführungsform illustrieren.

[0094] Ebenfalls gemäß der Ausführungsform, wie in Fig. 8A gezeigt, wird der Laserstrahl auf den Endabschnitt eines Leiterteils 31a eingestrahlt, und das Zentrum des Laserpunkts 100a wird entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition bewegt.

[0095] Gemäß der Ausführungsform wird jedoch bei der anfänglichen Bestrahlung des Laserstrahls die Bestrahlungsposition des Laserstrahls (das Zentrum des Laserflecks 100a) von der Bestrahlungsstartposition 200a des Laserstrahls am Endabschnitt des einen Leiterteils 31a in eine Richtung weg vom Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a bewegt. In der Illustration von Fig. 8A wird die Mitte des Laserspots 100a im Uhrzeigersinn bewegt. Mit anderen Worten, die Bewegungsrichtung des Mittelpunkts des Laserpunkts 100a ist das Gegenteil der Darstellung in Fig. 7A.

[0096] In einem solchen Fall wird das Zentrum des Laserpunkts 100a um 1,5 Umdrehungen von der Startposition 200a des Laserstrahls entlang der schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition verschoben. Mit anderen Worten wird die Bestrahlungsposition des Laserstrahls um 1,5 Umdrehungen von der Bestrahlungsstartposition 200a des Laserstrahls entlang dem Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition verschoben. Auf diese Weise kann die Bewegung der Mitte des Laserspots 100a entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition fließend in die Bewegung entlang dem linearen Bewegungspfad 100b der Bestrahlungsposition übergehen.

[0097] Anschließend wird die Bestrahlung des Laserstrahls gestoppt, und das Zentrum des Laserpunkts 100a wird, wenn der Laserpunkt 100a als gebildet angenommen wird, entlang dem linearen Bewegungspfad 100b der Bestrahlungsposition zu einer Bestrahlungsstartposition 201b des Laserstrahls am Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a bewegt.

[0098] Dann, wie in Fig. 8B gezeigt, wenn die Bestrahlungsposition des Laserstrahls die Bestrahlungsstartposition 201b des Laserstrahls erreicht hat, wird die Bestrahlung des Laserstrahls erneut gestartet, und das Zentrum des Laserpunkts 100a wird von der Bestrahlungsstartposition 201b des Laserstrahls in eine Richtung weg von dem einen Leiterteil 31a bewegt. In der Darstellung von Fig. 8B wird das Zentrum des Laserpunkts 100a im Uhrzeigersinn bewegt. Mit anderen Worten, die Bewegungsrichtung des Laserpunkts 100a ist in jedem der Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a gleich. Somit ist die Bewegung des Zentrums des Laserpunkts 100a gleichmäßig.

[0099] Außerdem wird das Zentrum des Laserpunkts 100a um 1,5 Umdrehungen von der Startposition 201b des Laserstrahls entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition bewegt. So kann die Bewegung des Zentrums des Laserpunkts 100a entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition fließend in die Bewegung entlang dem linearen Bewe-

gungspfad 100b der Bestrahlungsposition übergehen.

Die obigen Ausführungsformen können auch in Kombination miteinander umgesetzt werden.

[0100] Mit anderen Worten wird gemäß der Ausführungsform die Bestrahlungsposition des Laserstrahls am Endabschnitt des anderen Leiterteils 31a um 1,5 Umdrehungen entlang dem Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition in der gleichen Richtung wie die Bewegungsrichtung des Bewegungspfads 100 am Endabschnitt des einen Leiterteils 31a bewegt.

[0101] Anschließend wird die Bestrahlung des Laserstrahls gestoppt, und der Mittelpunkt des Laserpunkts 100a wird, wenn der Laserpunkt 100a als gebildet angenommen wird, entlang dem linearen Bewegungspfad 100b der Bestrahlungsposition zur Bestrahlungsstartposition 200a des Laserstrahls am Endabschnitt des einen Leiterteils 31a bewegt.

[0102] Anschließend wird die Bestrahlung des Laserstrahls an der Bestrahlungsstartposition 200a des Laserstrahls wieder aufgenommen, und das Zentrum des Laserpunkts 100a wird von der Bestrahlungsstartposition 200a des Laserstrahls in eine Richtung weg von dem anderen Leiterteil 31a bewegt. Die Bewegung des Zentrums des Laserpunkts 100a ist somit gleichmäßig.

[0103] Außerdem wird das Zentrum des Laserpunkts 100a um 1,5 Umdrehungen von der Startposition 200a des Laserstrahls entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition bewegt. So kann die Bewegung des Zentrums des Laserpunkts 100a entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition fließend in die Bewegung entlang dem linearen Bewegungspfad 100b der Bestrahlungsposition übergehen.

[0104] Danach wird das Zentrum des Laserpunkts 100a durch eine ähnliche Prozedur um 1,5 Umdrehungen entlang dem schleifenförmigen Bewegungspfad 100 der Bestrahlungsposition an jedem der Endabschnitte der benachbarten Leiterteile 31a bewegt.

[0105] Bestimmte Ausführungsformen der Erfindungen wurden zwar illustriert, doch sind diese Ausführungsformen nur beispielhaft dargestellt und sollen den Umfang der Erfindung nicht einschränken. Diese neuen Ausführungsformen können in einer Vielzahl von anderen Formen ausgeführt werden, und verschiedene Auslassungen, Ersetzungen, Änderungen usw. können vorgenommen werden, ohne vom Geist der Erfindungen abzuweichen. Diese Ausführungsformen und ihre Modifikationen liegen im Rahmen und im Geist der Erfindungen, und sie liegen im Rahmen der in den Ansprüchen beschriebenen Erfindungen und ihrer Äquivalente.

[Bezugszeichenliste]

1	Stator
2	Kern
3	Spule
31	Segment
31a	Leiterteil
31a1	Spalt
31b	Isolierfolie
100	Bewegungspfad
100a	Laserpunkt
100b	Bewegungspfad
200a	Bestrahlungsstartposition
201a	Startposition der Bestrahlung
200b	Startposition der Bestrahlung
201b	Startposition der Bestrahlung

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2018-20340 A [0006]
- WO 2019/159737 A [0006]

Patentansprüche

1. Laserschweißverfahren zum Verschweißen eines Endabschnitts eines ersten drahtförmigen Elements und eines Endabschnitts eines zweiten drahtförmigen Elements durch abwechselndes Bestrahlen des Endabschnitts des ersten drahtförmigen Elements und des Endabschnitts des zweiten drahtförmigen Elements mit einem Laserstrahl, wobei das zweite drahtförmige Element an das erste drahtförmige Element angrenzt, wobei das Laserschweißverfahren umfasst:

Bestrahlen des Laserstrahls entlang einem ersten Bewegungspfad am Endabschnitt des ersten drahtförmigen Elements, wobei der erste Bewegungspfad schleifenförmig ist;

Anhalten der Bestrahlung des Laserstrahls und Bewegen einer Bestrahlungsposition des Laserstrahls von dem Endabschnitt des ersten drahtförmigen Elements zu dem Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements entlang eines zweiten Bewegungspfads, wobei der zweite Bewegungspfad linear ist;

Bestrahlen des Laserstrahls entlang eines dritten Bewegungspfads am Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements, wobei der dritte Bewegungspfad schleifenförmig ist; und

Anhalten der Bestrahlung des Laserstrahls und Bewegen der Bestrahlungsposition des Laserstrahls von dem Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements zu dem Endabschnitt des ersten drahtförmigen Elements entlang eines vierten Bewegungspfads, wobei der vierte Bewegungspfad linear ist, der zweite Bewegungspfad den ersten und dritten Bewegungspfad berührt, wobei der vierte Bewegungspfad den ersten und dritten Bewegungspfad an einer dem zweiten Bewegungspfad gegenüberliegenden Stelle kontaktiert.

2. Laserschweißverfahren nach Anspruch 1, wobei der erste Bewegungspfad die gleiche Form wie der dritte Bewegungspfad und die gleiche Größe wie der dritte Bewegungspfad aufweist.

3. Laserschweißverfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein kürzester Abstand zwischen einer Außenkante eines Laserpunkts am Endabschnitt des ersten drahtförmigen Elements und einer Außenkante des Endabschnitts des ersten drahtförmigen Elements konstant ist.

4. Laserschweißverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei ein kürzester Abstand zwischen einer Außenkante eines Laserpunkts am Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements und einer Außenkante des Endabschnitts des zweiten drahtförmigen Elements konstant ist.

5. Laserschweißverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei wenn die Bestrahlungsposition des Laserstrahls von einer Bestrahlungsstartposition des Laserstrahls an dem Endabschnitt des ersten drahtförmigen Elements in eine Richtung zu dem Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements bewegt wird, wenn der Laserstrahl anfänglich ausstrahlt wird, die Bestrahlungsposition des Laserstrahls um 1 Umdrehung entlang des ersten Bewegungspfads von der Bestrahlungsstartposition des Laserstrahls bewegt wird, und dann die Bestrahlungsposition des Laserstrahls um 1,5 Umdrehungen entlang dem zweiten Bewegungspfad am Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements in derselben Richtung wie eine Bewegungsrichtung des ersten Bewegungspfads bewegt wird.

6. Laserschweißverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei wenn die Bestrahlungsposition des Laserstrahls von einer Bestrahlungsstartposition des Laserstrahls an dem Endabschnitt des ersten drahtförmigen Elements in eine Richtung weg von dem Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements bewegt wird, wenn der Laserstrahl anfänglich bestrahlt wird, die Bestrahlungsposition des Laserstrahls um 1,5 Umdrehungen entlang des ersten Bewegungspfads von der Bestrahlungsstartposition des Laserstrahls bewegt wird, und dann die Bestrahlungsposition des Laserstrahls um 1,5 Umdrehungen entlang des zweiten Bewegungspfads an dem Endabschnitt des zweiten drahtförmigen Elements in derselben Richtung wie eine Bewegungsrichtung des ersten Bewegungspfads bewegt wird.

7. Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine, wobei das Herstellungsverfahren umfasst:
Anordnen einer Spule in einer Vielzahl von Schlitzen, wobei die Spule eine Vielzahl von Segmenten umfasst, wobei das Anordnen der Spule die Anwendung des Laserschweißverfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 zum Verschweißen von Endabschnitten von Leiterteilen der Vielzahl von Segmenten einschließt.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

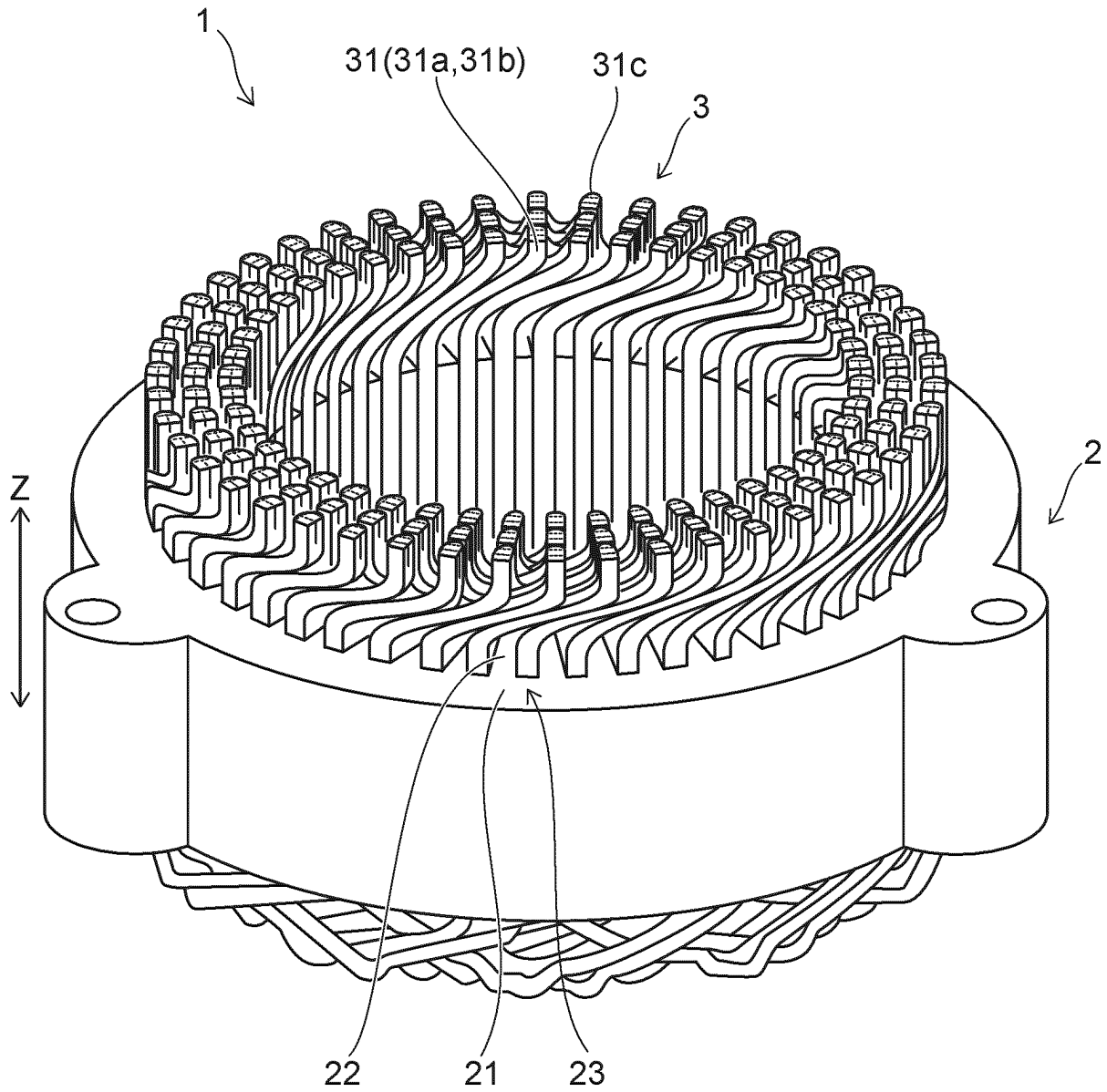


FIG. 1

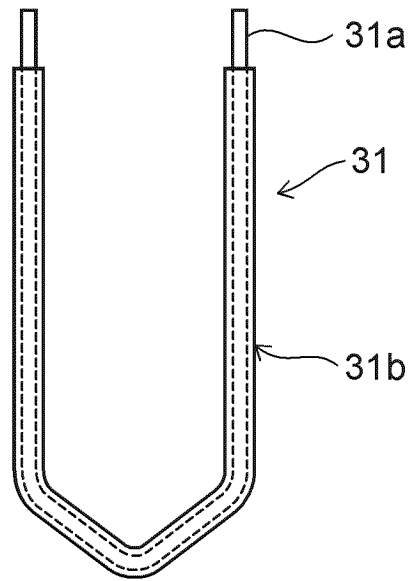


FIG. 2

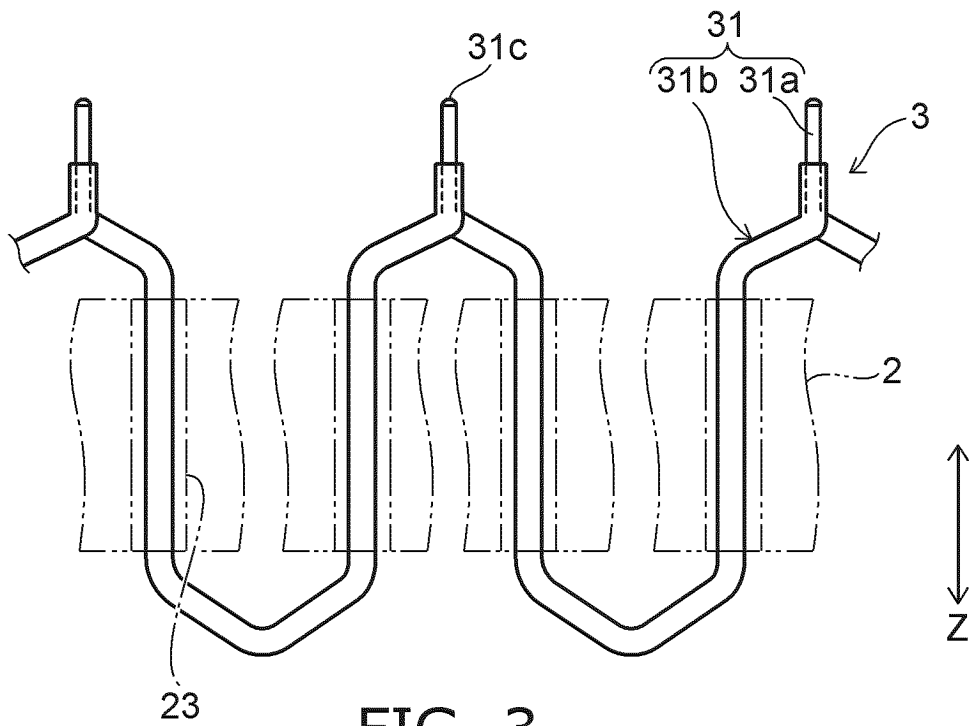
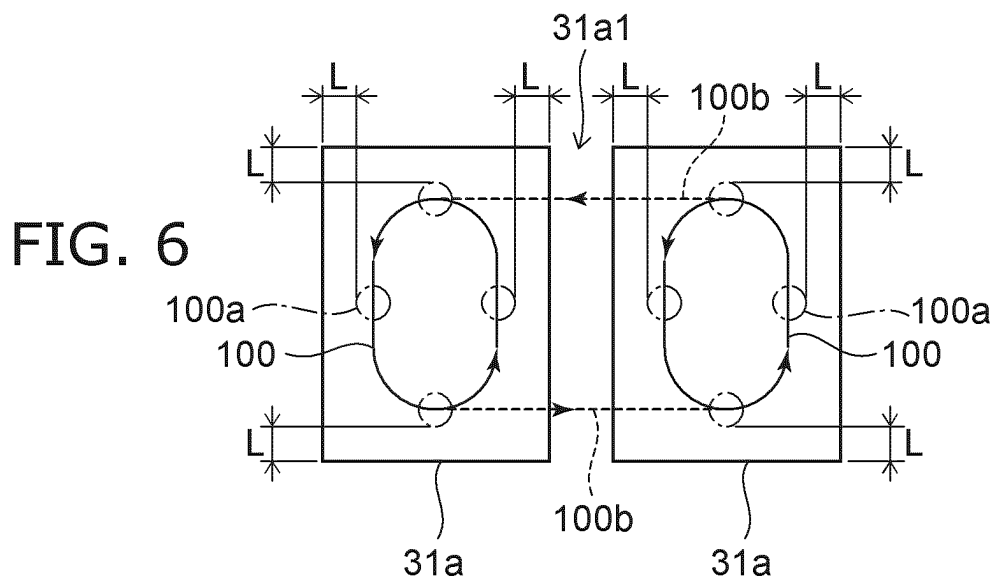
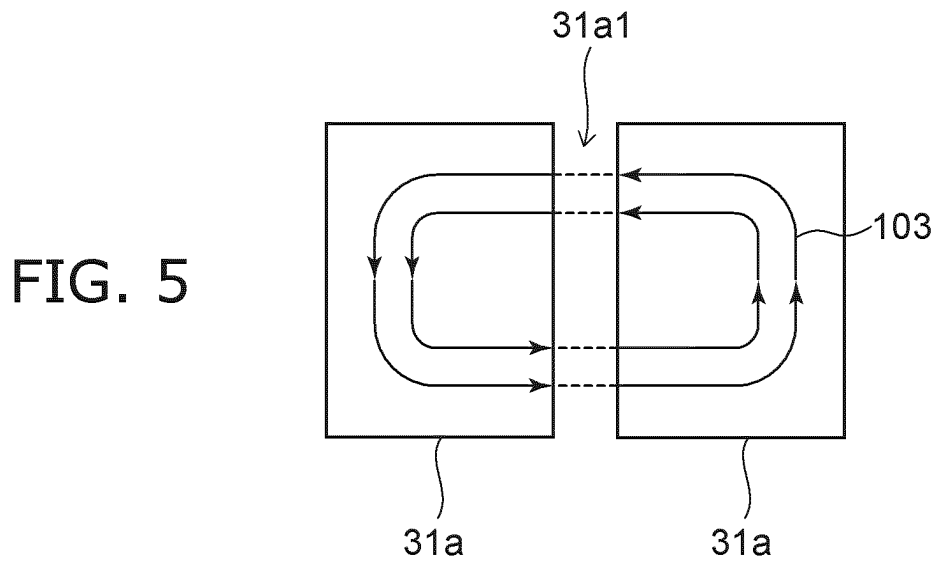
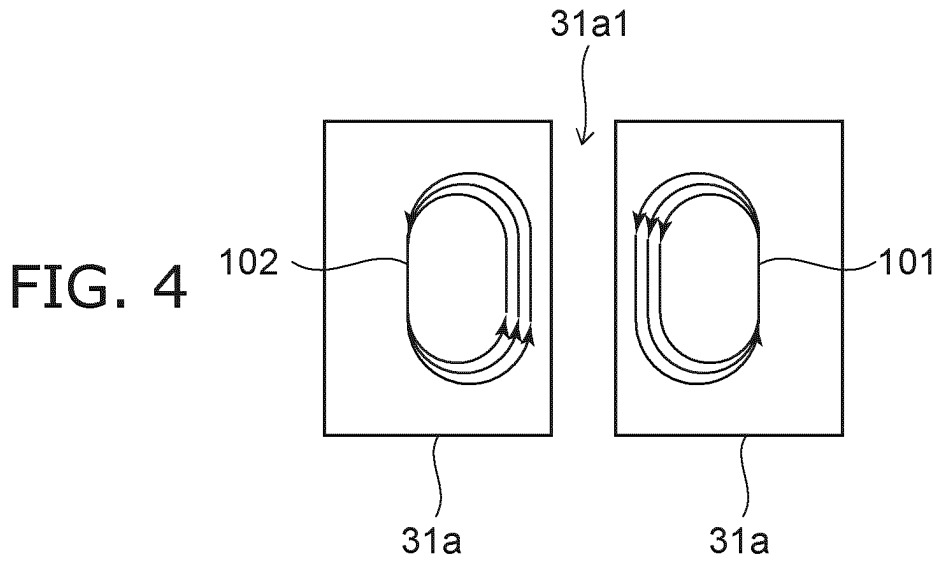


FIG. 3



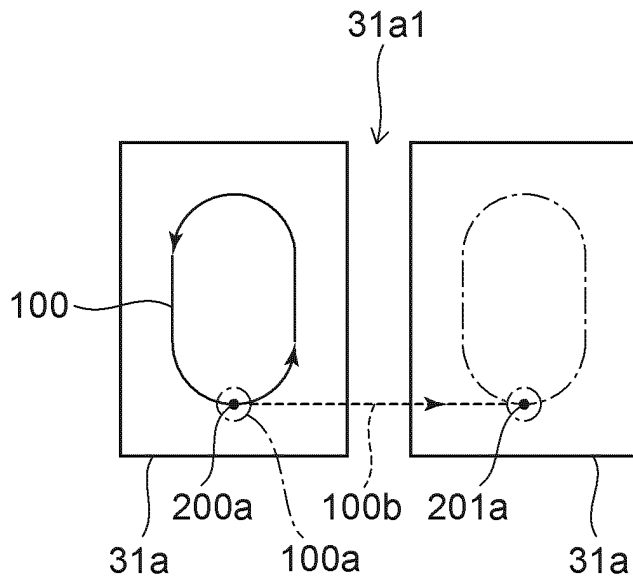


FIG. 7A

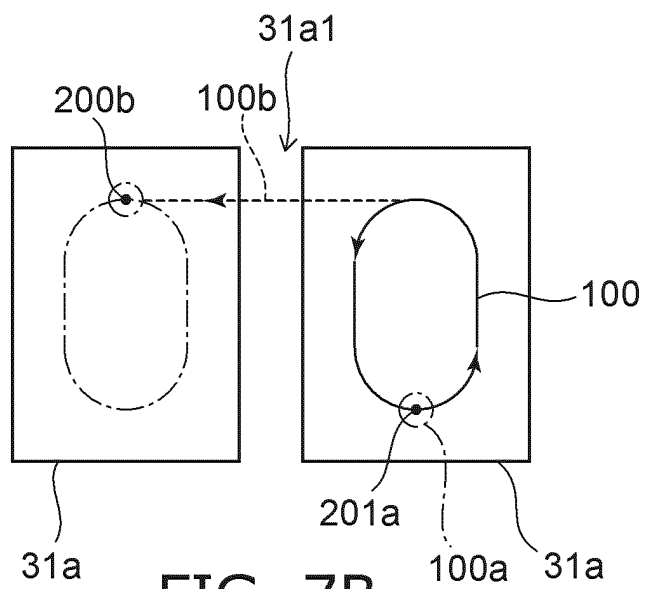


FIG. 7B

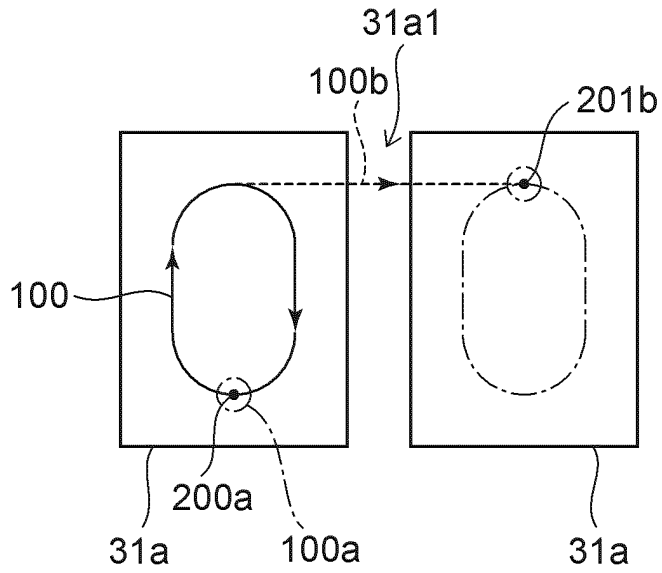


FIG. 8A

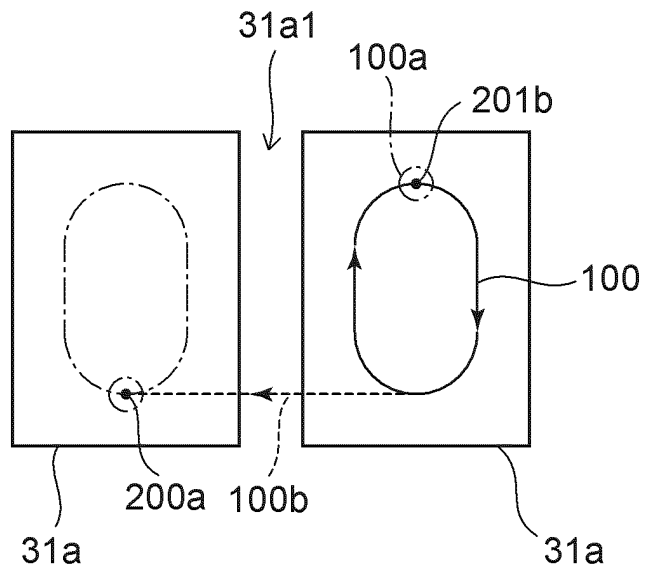


FIG. 8B